

UN CURSO HÍBRIDO DE PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA ADAPTATIVO

AN HYBRID AND ADAPTIVE COURSE OF PROBABILITY AND STATISTICS

Rubén-Darío Santiago-Acosta, Carlos-Daniel Prado-Pérez
Tecnológico de Monterrey (México)
ruben.dario@itesm.mx, cprado@itesm.mx

Resumen

En este trabajo se presenta un curso híbrido de probabilidad y estadística basado en aprendizaje adaptativo. El objetivo es fortalecer las competencias en estudiantes de ingeniería relacionadas con el uso de modelos probabilísticos y herramientas de análisis estadístico. El curso se estructuró en doce capítulos que contienen: material electrónico de apoyo, videos explicativos, prácticas de experimentación computacional de conceptos, entrenador de ejercicios, actividades integradoras y de evaluación. El sistema de evaluación se construyó mediante programas interactivos que utilizan gamificación y/o aprendizaje adaptativo. En el curso se fomenta el uso de los paquetes Mathematica y Excel porque los estudiantes pueden analizar, simbólicamente y gráficamente, soluciones de ejercicios y problemas. El curso se colocó en la plataforma Open-EdX por sus ventajas de uso en cualquier dispositivo móvil. En el trabajo se muestran varios elementos usados en la construcción del curso y se contrastan resultados de aprendizaje de 56 estudiantes.

Palabras clave: sistema gamificado, MOOC, probabilidad, estadística

Abstract

This paper presents a hybrid course of probability and statistics based on adaptive learning, which is intended to foster engineering students' competences related to the use of probabilistic models and statistical analysis tools. The gamification course consists of twelve chapters that contain supporting electronic material, explanatory videos, and computer-assisted experimentation practices of concepts, exercise trainer, and integration and evaluation activities. The evaluation system was built through interactive programs that use and / or adaptive learning. The students use Mathematica and Excel packages in their activities because these packages allow analyzing, symbolically and graphically, solutions of exercises and problems. The course was placed on the Open-EdX platform for its advantages of use on any mobile device. To sum up, we showed several elements used in the construction of the course, and compared the learning achieved by 56 students.

Key words: gamified system, MOOC, probability, statistics

■ Introducción

Diversos estudios realizados en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey indican que los alumnos que toman los cursos de matemáticas no son capaces de analizar situaciones problemáticas en contexto debido al débil desarrollo de sus habilidades de resolución de problemas y porque los cursos sólo promueven el estudio de métodos algorítmicos (Santiago, Delgado y Quezada, 2012). El curso de Probabilidad y Estadística no es la excepción, profesores que lo han impartido indican que es poco el tiempo para discutir todos los temas con amplitud y, en consecuencia, sacrifican la modelación para dedicar mayor espacio al estudio de los conceptos y algoritmos probabilísticos. Se pierde así la posibilidad de utilizar las herramientas discutidas en el curso para describir fenómenos que ocurren en la economía, la demografía, la ecología, entre muchas otras áreas. Como consecuencia, los algoritmos y fórmulas estudiados no son apreciados y, ante la falta de contexto, pierden significado para los alumnos. Además, tampoco se logran avances significativos en sus competencias algorítmicas.

Por otra parte, la modelación matemática de situaciones estocásticas es una competencia que permite a los estudiantes de ingeniería entender mejor los problemas que ellos analizan en cursos superiores. El problema es el poco tiempo dedicado al desarrollo de competencias de modelación y el bajo rendimiento debido al pobre uso de los conceptos de la probabilidad y de las herramientas estadísticas en los alumnos. Para remediar esta situación se propone utilizar un curso en línea que sea flexible, auto-contenido y con un sistema de prácticas adaptativas que permitan reducir las deficiencias conceptuales y operativas en temas de Probabilidad y Estadística. En este trabajo se presentan las características del curso y su impacto en los aprendizajes de 56 estudiantes.

■ Marco teórico

El azar está ligado a nuestras vidas y aparece en múltiples situaciones cotidianas y en el actuar profesional de muchísimas personas. Sin embargo, generalmente tenemos concepciones equivocadas y una mala intuición probabilística que, frecuentemente, nos lleva a conclusiones erróneas. Una enseñanza formal no es suficiente para reducir los sesgos de razonamiento que pueden llevar a decisiones incorrectas.

Recientemente, se han dado orientaciones sobre la pertinencia de incorporar el uso de la experimentación computacional y actividades retadoras o problemas reales para provocar una mejora en nuestros conceptos de matemáticas, en general, y de probabilidad, en particular. Al presentar situaciones problemáticas reales, factibles de representarse mediante modelos matemáticos, se puede incentivar la contextualización del conocimiento de la Probabilidad y Estadística. En general, estos modelos surgen de manera natural cuando se tiene la necesidad de responder preguntas específicas en situaciones reales, cuando se requiere tomar decisiones o cuando es necesario hacer predicciones relacionadas con fenómenos naturales; por ejemplo, analizar resultados médicos, predecir el clima, o decidir cursos de acción ante los fenómenos económicos. Lehrer y Schauble (2000) sugieren, como hipótesis, que la introducción de la modelación al aula permitirá que los alumnos enfrenten situaciones de interés, que desarrollarán su capacidad de explorar y obtener formas de representarlas, que podrán explorar las relaciones que aparecen en esas representaciones y manipularlas para desarrollar ideas importantes y que reducirán sus errores en conceptualización. Sin embargo, la investigación en solución de problemas ha mostrado que los alumnos tienen dificultades para traducir los enunciados de los problemas verbales en cursos convencionales al lenguaje matemático. El caso del uso de conceptos estadísticos y probabilísticos en situaciones reales es más complejo aún. En estas circunstancias, los estudiantes deben interpretar la situación que se les proporciona y determinar las condiciones que describan adecuadamente el problema de interés. Requieren formular hipótesis que les permitan simplificar la situación problemática y representarla a través de modelos o funciones de probabilidad. En general, el planteamiento no es simple y su construcción requiere de práctica. Algunos investigadores señalan que la enseñanza de la Probabilidad y Estadística por medio de la modelación requiere enseñar tanto los elementos teóricos como las estrategias de construcción de modelos. Otros investigadores, en cambio, ponen énfasis en las bondades del uso de la modelación y en las matemáticas que los alumnos pueden aprender cuando se utiliza esta metodología.

de enseñanza. A pesar de que ambos coinciden en los problemas que los estudiantes pueden enfrentar, consideran que el hecho mismo de enfrentarlos, y hacerlos conscientes de ello, favorece el aprendizaje. Entre las varias posturas existentes en el ámbito de la modelación, la llamada “Modelos y Modelación” (Trigueros, 2009) enfatiza la construcción, por parte de los alumnos, de sistemas conceptuales o modelos cuando ellos trabajan con una situación en contexto que favorece el proceso de matematización. En esta postura son dos las preocupaciones. La primera consiste en preparar a los estudiantes para planear y resolver el tipo de problemas que enfrentarán fuera de la escuela. La segunda es relacionar este tipo de problemas con los temas que se estudian en las matemáticas escolares, aunque esa relación no sea clara y evidente. En esta línea de investigación el interés se centra en que los estudiantes desarrollen formas flexibles y creativas de pensar que les permitan abordar las situaciones que se les presentan (Lesh y English, 2005). Existe acuerdo entre esta postura y la técnica de gamificación, ya que en las actividades lúdicas los estudiantes tienen amplias posibilidades de éxito y se les brinda la posibilidad de discutir conceptos básicos de cualquier área (Devlin, 2011).

Por otra parte, diversos materiales didácticos (programas, asistentes educativos, libros electrónicos, tutoriales de apoyo) se han construido con el objetivo específico de provocar una mejora en el aprendizaje de la matemática. Las experiencias muestran que dichos materiales deben diseñarse ex profeso para un fin y poblaciones determinadas ya que en caso contrario se reduce su éxito (Rojas y Muñoz, 2007). Artigue (2011) menciona que “las tecnologías informáticas trastornan los equilibrios tradicionales entre el valor epistémico y pragmático de las técnicas”. Es decir, aun cuando la tecnología pretende que los estudiantes aprendan más y mejor es necesario no descuidar los problemas que el estudiante tiene con los objetos matemáticos de aprendizaje. Un juego digital que interactúa con los alumnos para que aprendan algún tema, o bien, un sistema que toma en cuenta el dominio del profesor, el entendimiento del estudiante, los tipos de enseñanza, las características del aprendizaje y el medio de comunicación es un buen sistema de apoyo para el aprendizaje. Existen diferentes alternativas para el uso de gamificación. Herramientas como Kahoot o Quizizz abren una posibilidad de alternar aprendizajes complejos con herramientas lúdicas. Otra posibilidad es el sistema “Diálogos con Prometeo”, donde las actividades lúdicas se construyen mediante interacciones máquina-estudiante (Rojano y Abreu, 2012).

La base del aprendizaje adaptativo se encuentra en la capacidad de las computadoras para analizar infinidad de datos de cada estudiante en tiempo real. A partir de esos datos, se intenta responder al instante ¿qué es mejor enseñar ahora para maximizar la probabilidad de mejorar el rendimiento escolar? Para determinar si el alumno posee un conocimiento, o qué tanto conoce sobre él, se puede utilizar un algoritmo como el que se muestra en la Figura 1.

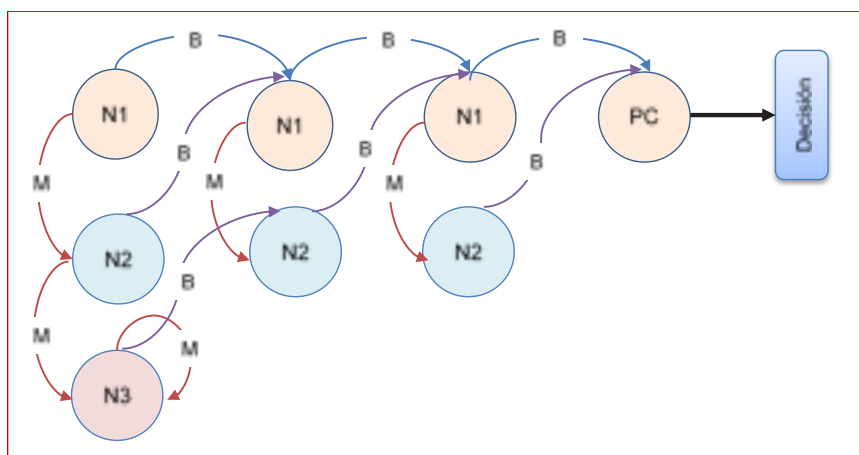


Figura 1. Algoritmo adaptativo básico

Allí se empieza en una pregunta de nivel N1, si la respuesta es correcta (B) se pasa a otra pregunta del mismo nivel y se sigue así hasta terminar un número de preguntas definido previamente. Si la pregunta es incorrecta (M) se analizan 3 posibilidades posibles de errores (conceptual, aritmético, algorítmico) mediante preguntas de nivel N2. Después de determinar el error se puede seguir con preguntas de nivel N1 o N2 o bajar a preguntas de Nivel N3. Después de cierto número máximo de preguntas se establece la calidad del conocimiento del estudiante y sus sugerencias de estudio. El algoritmo se utiliza, con algunas variantes, para establecer una ruta de aprendizaje que considera la historia previa del alumno. En consecuencia, para tener un sistema de aprendizaje adaptativo se debe construir primero una actividad diagnóstica, de toda la información que se obtenga se determina la ruta de aprendizaje óptima, que podrá cambiar en cada pregunta que el alumno responde.

Si a cada pregunta de la Figura 1 se le agregan puntajes por respuesta correcta se genera un algoritmo para gamificación. Este nuevo algoritmo se presenta en la Figura 2. Las dinámicas del juego, base de la gamificación, se corresponde con motivaciones internas de los alumnos (emociones, recompensas). En la salida del juego, se otorgan premios, niveles y puntos extra, dependiendo de la participación en uno o varios juegos (Parente, 2016).

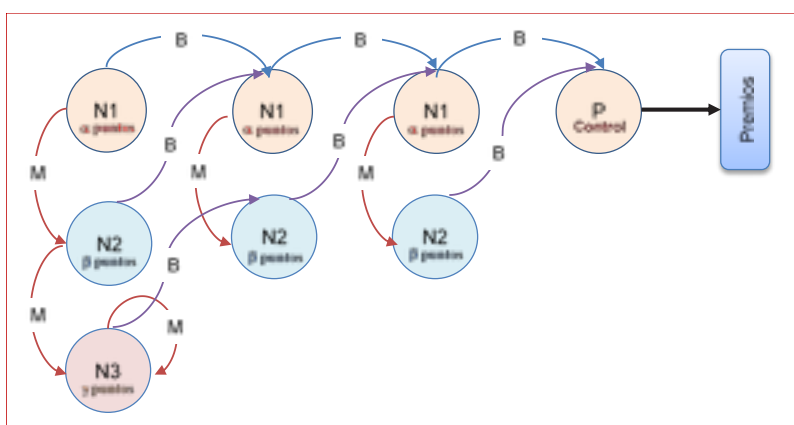


Figura 2. Algoritmo para gamificación

En otro contexto, los cursos masivos abiertos en línea (MOOC) integran la conectividad de las redes sociales y recursos en línea de libre acceso. Actualmente, la plataforma Open-EdX es de acceso libre y se usa para elaborar cursos en diferentes áreas. Surge así la necesidad de utilizar la técnica de gamificación, el aprendizaje adaptativo y la plataforma Open-EdX para construir un curso de Probabilidad y Estadística que use herramientas tecnológicas de vanguardia, estructurado con actividades lúdicas, contenga ejercicios interactivos y entrenador semi-adaptativo utilizando como soporte la Teoría APOE (acciones, procesos, objetos, esquemas) y los ciclos ACE (actividad, clase, ejercicios) de Dubinsky (1991).

■ Diseño del curso

El trabajo se estructuró en dos fases. En la primera fase se construyeron materiales didácticos diversos. Por ejemplo, en la plataforma ShareLaTeX se elaboró un libro electrónico con 12 capítulos enfocados a los temas siguientes: Estadística Descriptiva, Probabilidad Básica, Técnicas de Conteo, Probabilidad Condicional, Variables Aleatorias Discretas, Distribuciones Discretas, Variable Aleatoria Continua, Modelos Continuos, Distribuciones Muestrales, Estimación, Prueba de Hipótesis, Bondad de Ajuste. En la Figura 3 se muestran algunos materiales. Posteriormente se montó el curso en la plataforma Open-EdX.

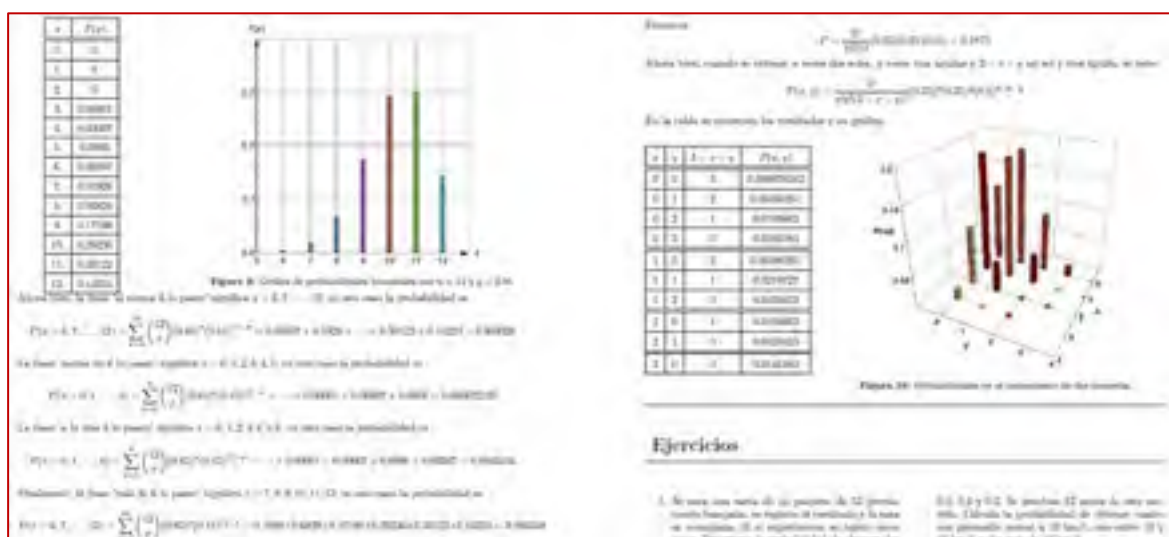


Figura 3. Material electrónico de apoyo del curso

Por otra parte, el curso en la plataforma OpenEdX, está estructurado en la forma usual de un MOOC y contiene: presentación, material electrónico de apoyo, teoría básica, práctica de exploración, ejemplos, ejercicios interactivos, problema y evaluación semiadaptativa o con gamificación, ver Figura 4.



Figura 4. Actividad de Gamificación

En el apartado de teoría se consideran los conceptos más importantes, los algoritmos necesarios y los resultados relevantes, este apartado se enlaza con un video complementario, donde se explican los conceptos fundamentales, ver Figura 5.

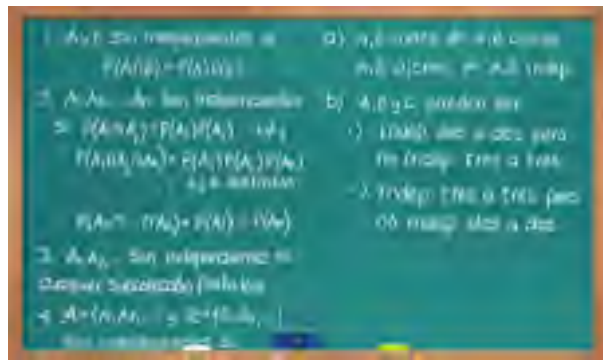


Figura 5. Apartado de Teoría, un ejemplo de video.

En las prácticas se utilizan los paquetes Mathematica y Excel para analizar conceptos del tema y resolver ejercicios típicos. En la Figura 6 se muestra una práctica interactiva en Excel.



Figura 6. Actividad de exploración con el paquete Excel.

En la sección de ejemplos y ejercicios interactivos se explican ejemplos típicos y se enlaza con el entrenador de ejercicios del tema. El entrenador presenta aleatoriamente ejercicios de pregunta abierta o de opción múltiple. Este sistema se construyó mediante programas escritos en Python y se usó LaTeX y la librería MathJax para uniformizar la simbología matemática. En la Figura 7 se muestra un ejemplo y parte del código de implementación.



Figura 7. Entrenador de ejercicios

En el apartado de problemas se presentan situaciones complejas a los estudiantes. Finalmente, cada alumno es evaluado mediante ejercicios y problemas seleccionados aleatoriamente. El sistema de evaluación se construyó con actividades de gamificación o semi-adaptativas. En ambos sistemas se usaron las herramientas Mathematica, Forms y/o Google-Script. En la Figura 8 se ilustra una actividad de gamificación usando Forms.



Figura 8. Actividad de gamificación

■ Investigación

Para realizar la investigación se consideraron dos grupos de 32 y 24 alumnos de las carreras de ingeniería del Tecnológico de Monterrey, Campus Estado de México. En el primero se usó aprendizaje semi-adaptativo y en el segundo la técnica de gamificación. En ambos cursos, se utilizó el ciclo de aprendizaje Actividad-Clase-Ejercicios-Problema (ACEP), donde: 1) los alumnos hacen una primera actividad lúdica (A) fuera del aula; 2) en clase (C) se revisa el tema; 3) fuera del aula, los alumnos hacen los ejercicios (E) interactivos aleatorios. Finalmente, se cierra el ciclo con un problema (P) u otra actividad lúdica. Se analizaron los resultados de las actividades lúdicas y de aprendizaje adaptativo en cada uno de los grupos donde se aplicó cada alternativa. Se analizaron los exámenes mediante una lista de cotejo que considera estrategia, procedimiento y respuesta, y se contrastaron los resultados con alumnos de un tercer grupo que utilizó un proceso de enseñanza-aprendizaje convencional. Finalmente, se encuestó a los alumnos sobre su percepción de los cursos y de las diversas actividades.

■ Resultados

Presentamos ahora los resultados en tres rubros: actividades, exámenes parciales y percepción del curso. Para el análisis de resultados en actividades consideramos el módulo Modelos Continuos. El puntaje máximo corresponde a 511 puntos (18 preguntas máximo). Para comparar con los alumnos que usan aprendizaje semi-adaptativo se consideraron las preguntas con el mismo peso. Se utilizaron tres niveles para cada tema. Las preguntas se enfocaron en los subtemas: probabilidad con función de densidad lineal, distribución exponencial, distribución gamma, distribución uniforme, distribución normal y aproximación de la binomial por la normal. El primer nivel corresponde a un problema en contexto, el segundo a un ejercicio operativo y el tercero a una pregunta conceptual.

Los resultados del módulo muestran que los alumnos que usan gamificación (G) obtienen mejores resultados que aquéllos que usan el aprendizaje semi-adaptativo (A), ver Figura 9. Este resultado no debe ser considerado definitivo ya que el número de veces que los estudiantes realizan las actividades lúdicas es mayor que el de las actividades adaptativas porque el alumno quiere obtener mejor puntuación, y aquí se ha considerado el mayor puntaje logrado.

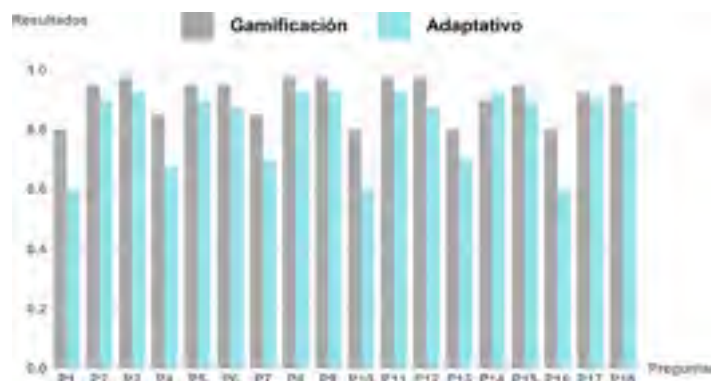


Figura 9. Resultados al aplicar actividades lúdicas.

Para el estudio en resultados en exámenes se consideró el tema de Prueba de hipótesis, con cinco preguntas que aparecen en las actividades de resolución de ejercicios. Cada pregunta tuvo un puntaje de 0, 1, 2 o 3 puntos considerando estrategia seguida (correcta o incorrecta), procedimiento (adecuado o inadecuado), respuesta (congruente y correcta o incongruente). En la figura 10 se muestran los resultados por pregunta y el resultado global en los tres grupos: Gamificación (G), Adaptativo (A) y Convencional (C). Las primeras tres preguntas son de opción múltiple (error tipo 1, medias, diferencia de medias) y las últimas dos son abiertas (proporciones y varianzas). En general, existe una percepción de que los alumnos G y A obtienen mejores resultados en preguntas de opción múltiple, pero no en las preguntas abiertas, lo que lleva a concluir que es necesario una investigación más amplia.



Figura 10. Resultados en exámenes.

En cuanto a la percepción del curso, los alumnos consideran que las actividades lúdicas les permiten mejorar sus habilidades (Lu), pero el trabajo del profesor (Pr) necesita mejorar. La organización del curso (Or) y los objetivos

(Ob) son adecuados, pero requieren dedicar mucho más tiempo que en el curso convencional (Tm). En su opinión, se requiere planear mejor las actividades (PI) ya que no se desarrollan totalmente los conceptos (Dc), En general, consideran que su trabajo (AI) es adecuado, ver Figura 11.

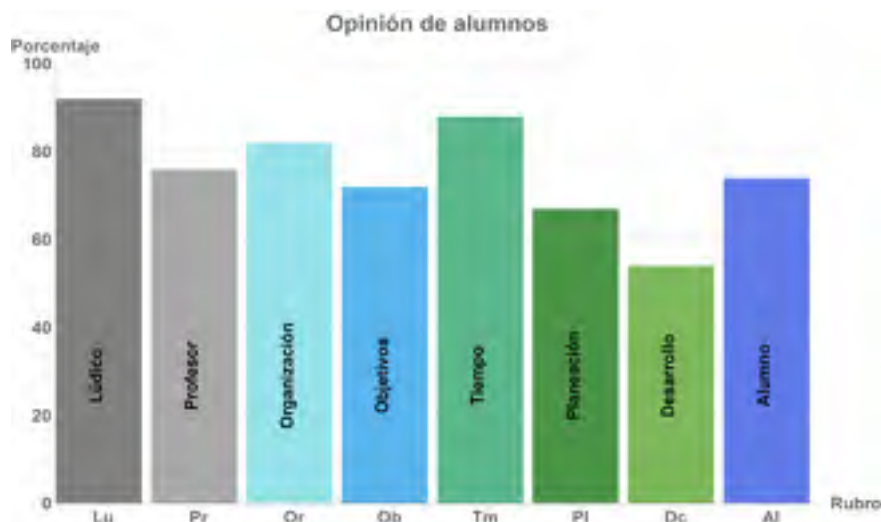


Figura 11. Resultados de la encuesta de percepción.

■ Discusión

Los resultados obtenidos en esta investigación sugieren que los estudiantes mejoran sus competencias para resolver ejercicios y se mantienen motivados cuando se usa gamificación, resultado acorde con lo planteado por Trigueros (2009) ya que los estudiantes desarrollan estrategias creativas al resolver ejercicios mediante juegos de preguntas.

El usar una metodología basada en ciclos de aprendizaje permite que los estudiantes conozcan y usen la tecnología para comprender mejor las ideas matemáticas del curso, lo cual es observable al realizar las actividades de evaluación, conclusión acorde con las reportadas por Garfield y Ahlgren (1988). En cuanto al análisis del curso, los estudiantes sugieren uniformizar el grado de dificultad de los problemas, y que se facilite el uso de guías rápidas. Estos apoyos deben ser provistos como formularios cortos y estrategias de solución breves. De acuerdo con Zapata (2015), todas las sugerencias deben ser incorporadas a la brevedad para obtener una mejora del curso.

■ Conclusiones

El estudio de las probabilidad y Estadística es fundamental para los estudiantes de ingeniería que las requieren para modelar fenómenos estocásticos en cursos avanzados (diseño de experimentos, administración de la producción, control estocástico, etc.). En este trabajo se buscó potenciar las habilidades de los estudiantes en competencias básicas, a saber: el uso de herramientas tecnológicas de análisis, la modelación matemática de situaciones complejas que requieren de la estadística y probabilidad, mejora de las capacidades algorítmicas de los alumnos. Para ello se necesita el apoyo de un curso en línea, material construido exprofeso y actividades lúdicas o de aprendizaje adaptativo. Los resultados indican que los alumnos mejoraron en esas competencias y abre perspectivas claras para que los profesores apoyen más y mejor a sus futuros estudiantes. Por otra parte, el estudio sugiere que los alumnos que usan un entrenador en línea desarrollan sus habilidades algorítmicas. Como consecuencia, es posible reducir el tiempo dedicado al estudio de dichos procesos en el aula. Finalmente, todas las actividades propuestas en el curso

encajan en un modelo que permite desarrollar habilidades matemáticas y potenciar competencias tecnológicas de los estudiantes

■ Referencias bibliográficas

- Artigue M. (2011). Tecnología y enseñanza de las matemáticas: desarrollo y aportaciones de la aproximación instrumental. *Cuadernos de investigación y formación en educación matemática* (8) 13-33.
- Devlin, K. (2011). *Mathematics education for a new era: Video games as a medium for learning*. New York: CRC Press.
- Dubinsky, E. (1991). "Reflective Abstraction in Advanced Mathematical Thinking". En D. Tall (Ed.). *Advanced Mathematical Thinking*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, pp. 95-123.
- Garfield, J. & Ahlgren, A. (1988). Difficulties in learning basic concepts in probability and statistics: Implications for research. *Journal for research in Mathematics Education*, 44-63.
- Lehrer, R. & Schauble, L. (2000). The development of model-based reasoning, *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21(1), pp. 39-48.
- Lesh, R. & English, L. (2005). Trends in the evolution of the Models and Modeling perspectives on mathematical learning and problem solving, *ZDM, The International Journal on Mathematics Education*, 37(6), pp. 487-489.
- Parente, D. (2016). Gamificación en la educación. *Gamificación en aulas universitarias*, 11. Recuperado el 2018/08/24 de https://ddd.uab.cat/pub/lilibres/2016/166455/Ebook_INCOM-UAB_10.pdf
- Rojano, T. & Abreu, J. (2012). Dialogs with Prometheus: Intelligent support for teaching mathematics. En C. Kynigos, J. Clayson & N. Yiannoutsou (Ed), *Constructionism: Theory, Practice and Impact* (pp 544-548), Athens: University of Athens.
- Rojas, Y. & Muñoz, T. (2007). Mentor: Sistema tutorial inteligente para el desarrollo de habilidades en la solución de problemas matemáticos. *Revista de Investigación* (7) 2, 235-246.
- Santiago, R.; Delgado, D. & Quezada, M. (2012) Sistema de apoyo para el aprendizaje de las matemáticas basado en Web. Compendio de innovación Educativa 2012.
- Trigueros, M. (2009). El uso de la modelación en la enseñanza de las matemáticas. *Innovación educativa*, 9(46), 75-87.
- Zapata, M. (2015). El diseño instruccional de los MOOC y el de los nuevos cursos abiertos personalizados. *Revista de Educación a Distancia*, (45).